

Multikriterielle Bewertung von Energieszenarien

unter Berücksichtigung von ökologischen
Gesichtspunkten

Tobias Naegler, DLR TT-STB

Workshop „Szenarien für das Energiesystem der Zukunft – Konvergenz von
Methoden und Prozessen“

Hanse-Wissenschaftskolleg Delmenhorst

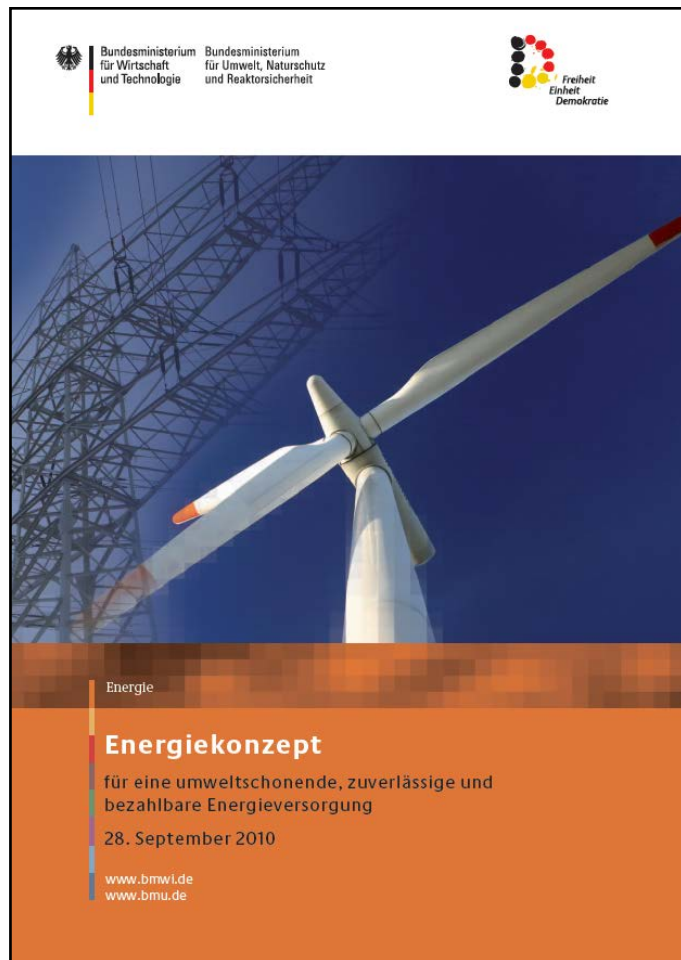
5. & 6. September 2017



Wissen für Morgen



Nachhaltigkeitsbewertung von Energieszenarien - Ausgangslage und Motivation



Energiekonzept der Bundesregierung 2009

Transformation der Energieversorgung

- „sicher“: technische Machbarkeit und Zuverlässigkeit
- „bezahlbar“: Wirtschaftlichkeit („minimale Kosten“)
- „sauber“: Minderung der CO₂-Emissionen

⇒ Systemanalytische Untersuchungen von Transformations-Pfaden und -Optionen konzentrieren sich oft auf jene drei Aspekte

Nachhaltigkeitsbewertung von Energieszenarien - Ausgangslage und Motivation

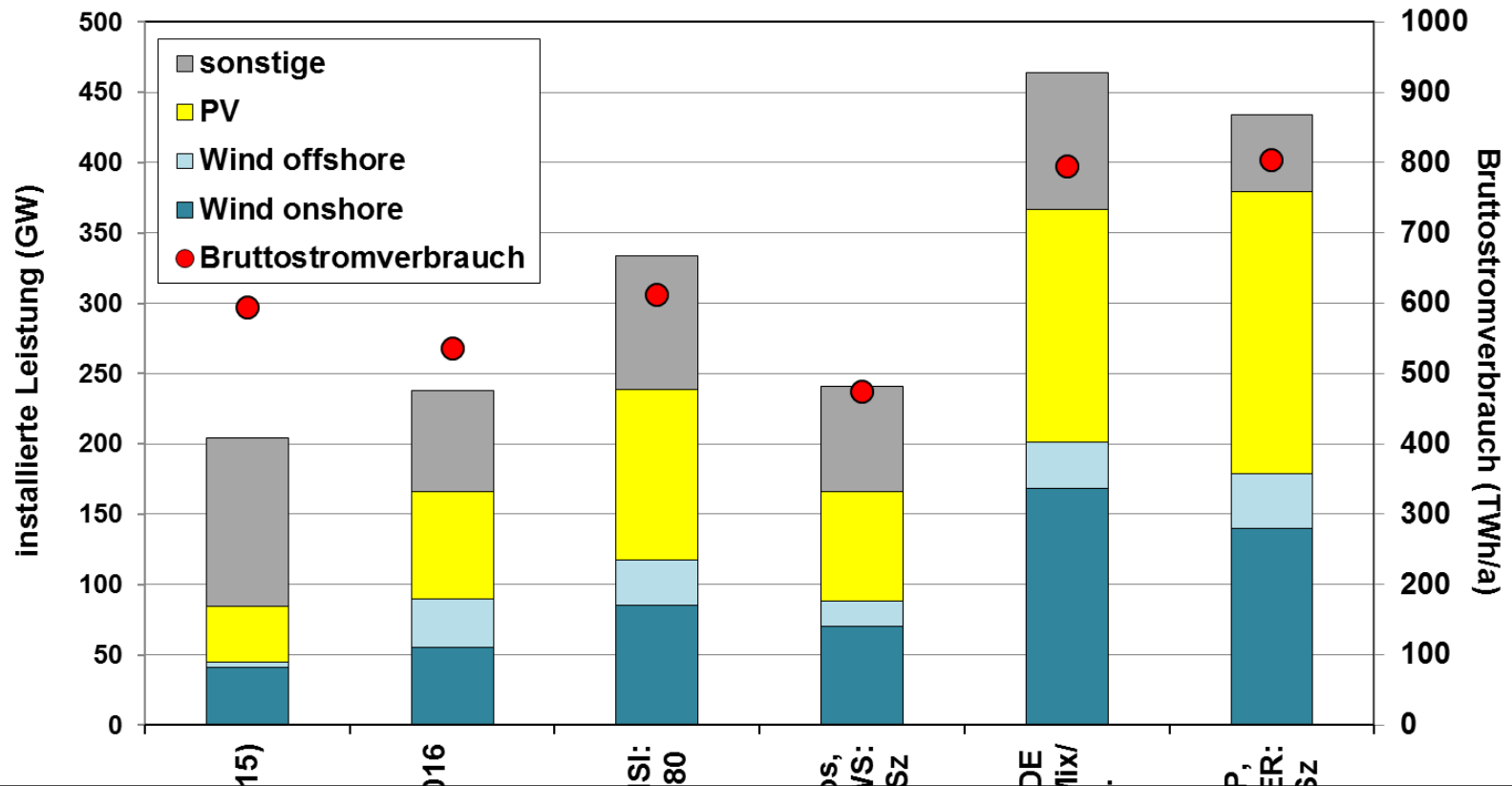


Indikatorenbereiche in deutscher Nachhaltigkeitsstrategie 2002/2016:

- Ressourcenschonung
- Klimaschutz
- Erneuerbare Energien
- Flächeninanspruchnahme
- Luftqualität
- Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit
- Beschäftigung
- Innovation
- Bildung
- Gleichstellung
- Integration ...



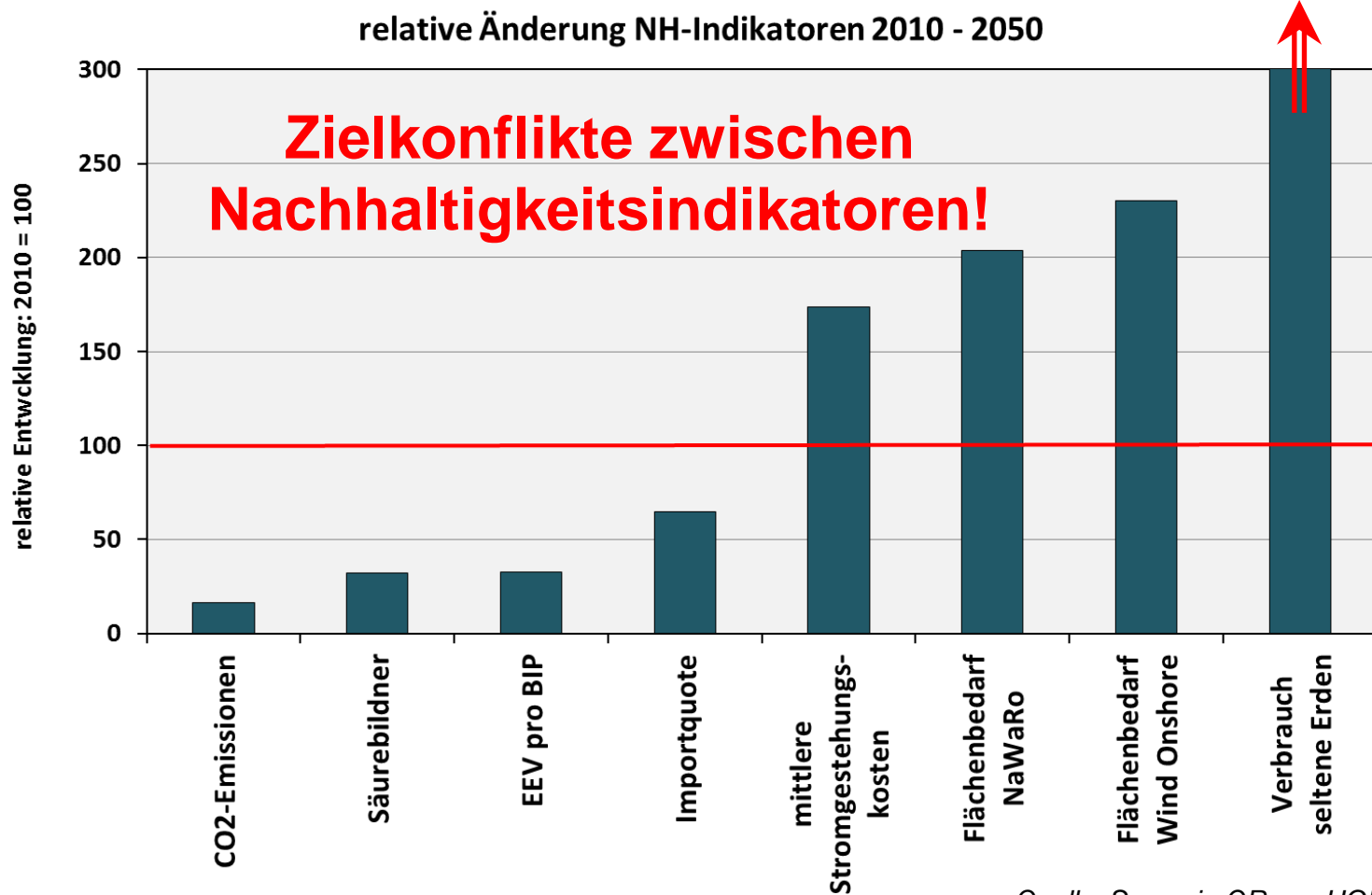
Vielfalt von Transformationsstrategien zur Zielerreichung, Beispiel hier: Stromsektor



**Vielfalt von Transformationsstrategien erfordert breiteres
Spektrum an Bewertungskriterien**



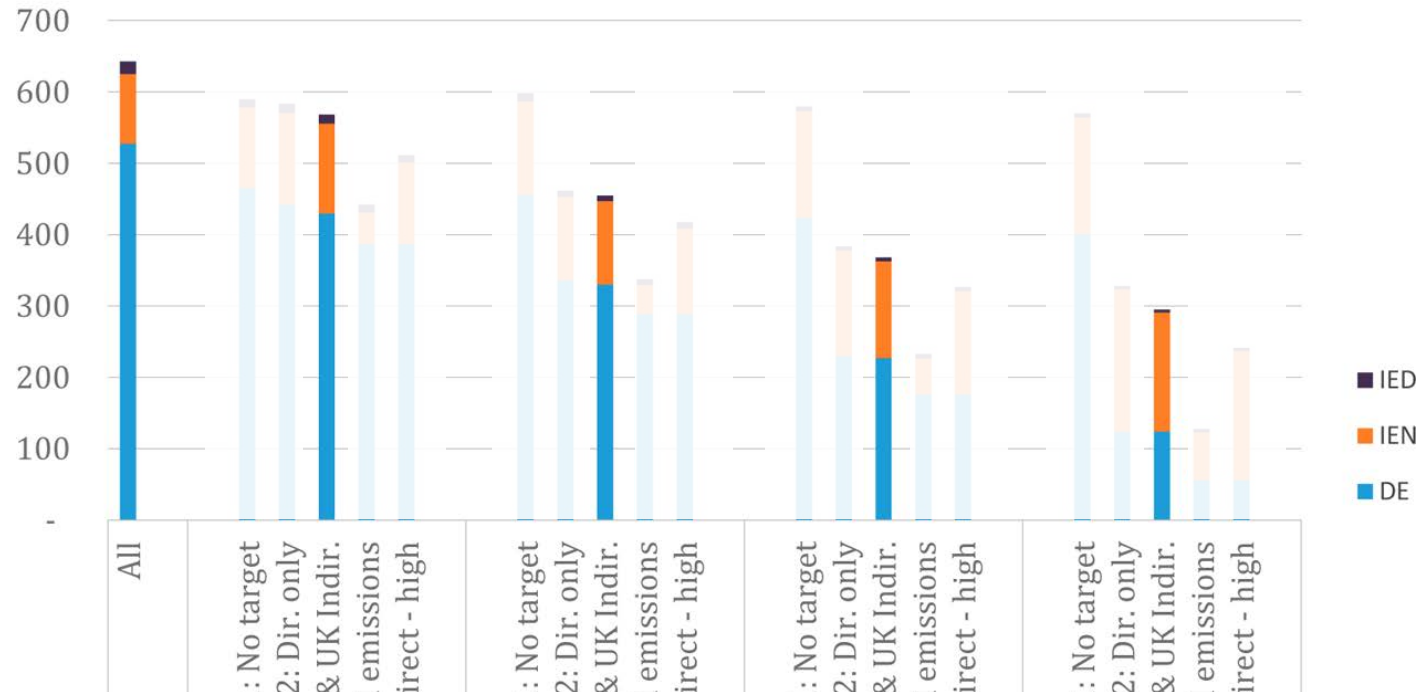
Analyse potentieller Zielkonflikte zwischen Indikatoren: breites Spektrum an Nachhaltigkeitsindikatoren nötig



Quelle: Szenario OR aus HGF EnergyTrans



Verschiebung Umweltauswirkungen von direkten Emissionen in vorgelagerte Prozessschritte



Lebenszyklusperspektive nötig, um Umweltauswirkungen Transformationspfad möglichst vollständig zu erfassen

Figure 2. Overall direct emissions (DE), indirect emissions—domestic (IED), and indirect emissions—nondomestic (IEN) between 2010 and 2050 in five scenarios.

Quelle: Daly et al. (2015): Indirect CO₂ emission implications of energy system pathways: Linking IO and TMES Models for the UK, Environmental Science & Technology 2015



Nachhaltigkeitsbewertung von Energieszenarien – Erweiterung des Analyserahmens nötig

Energiesystemmodelle bzw. Energieszenarien

- untersuchen langfristige Dynamik (Transformation) des Energiesystems, Fokus
 - technische Machbarkeit
 - energiebedingte CO₂-Emissionen
 - (System-) Kosten

Life Cycle Assessment (LCA) untersucht vielfältige (Umwelt-)Auswirkungen eines einzelnen Produktes/einer Technologie in einem statischen Kontext, z.B.

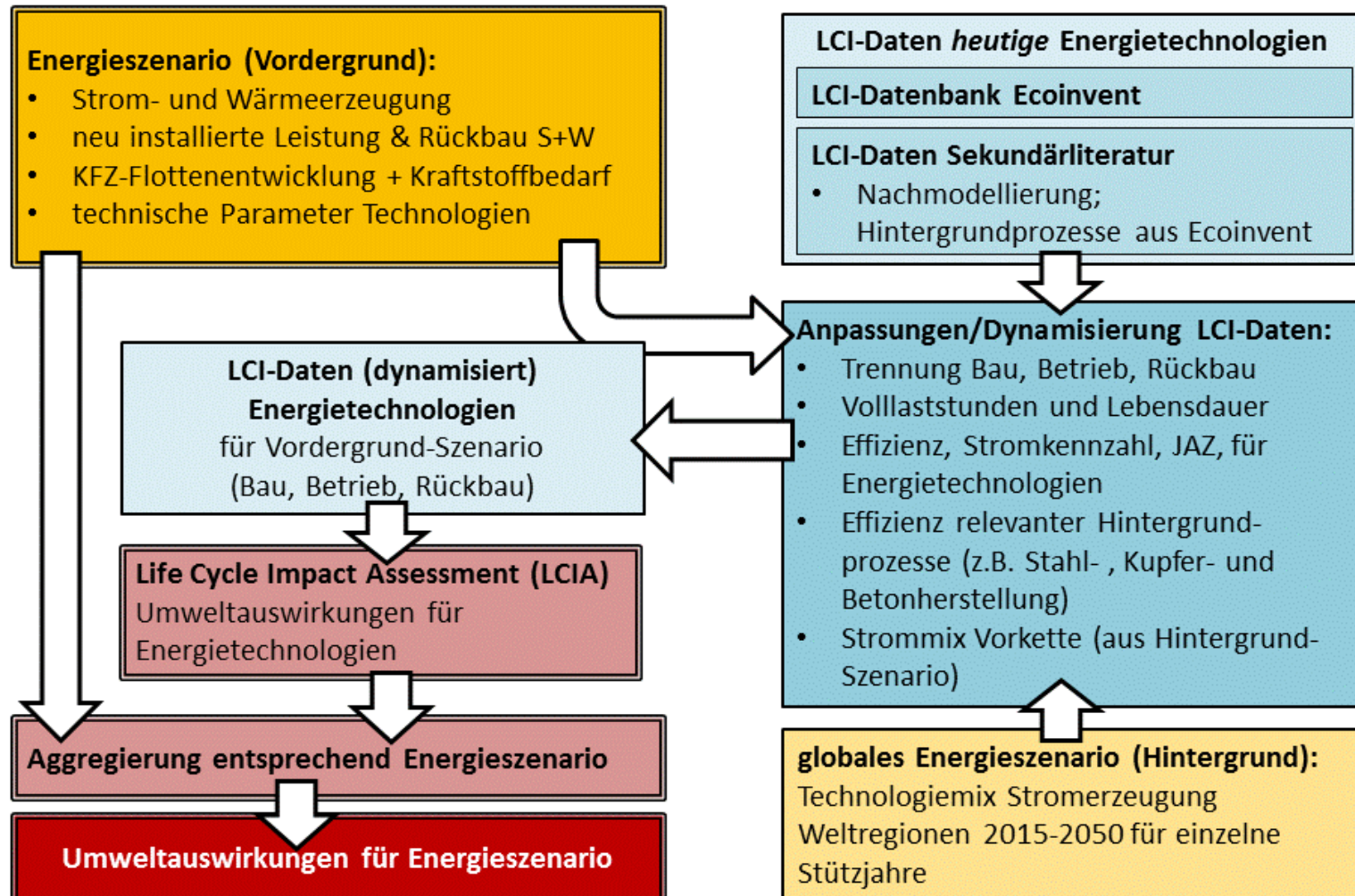
- Beitrag zu Klimawandel, Versauerung, Eutrophierung
- Flächen- und Ressourcenbedarf
- Auswirkungen auf menschliche Gesundheit etc.

Kombination von Energiesystemmodellierung und LCA erlaubt Untersuchung zentraler Forschungsfragen:

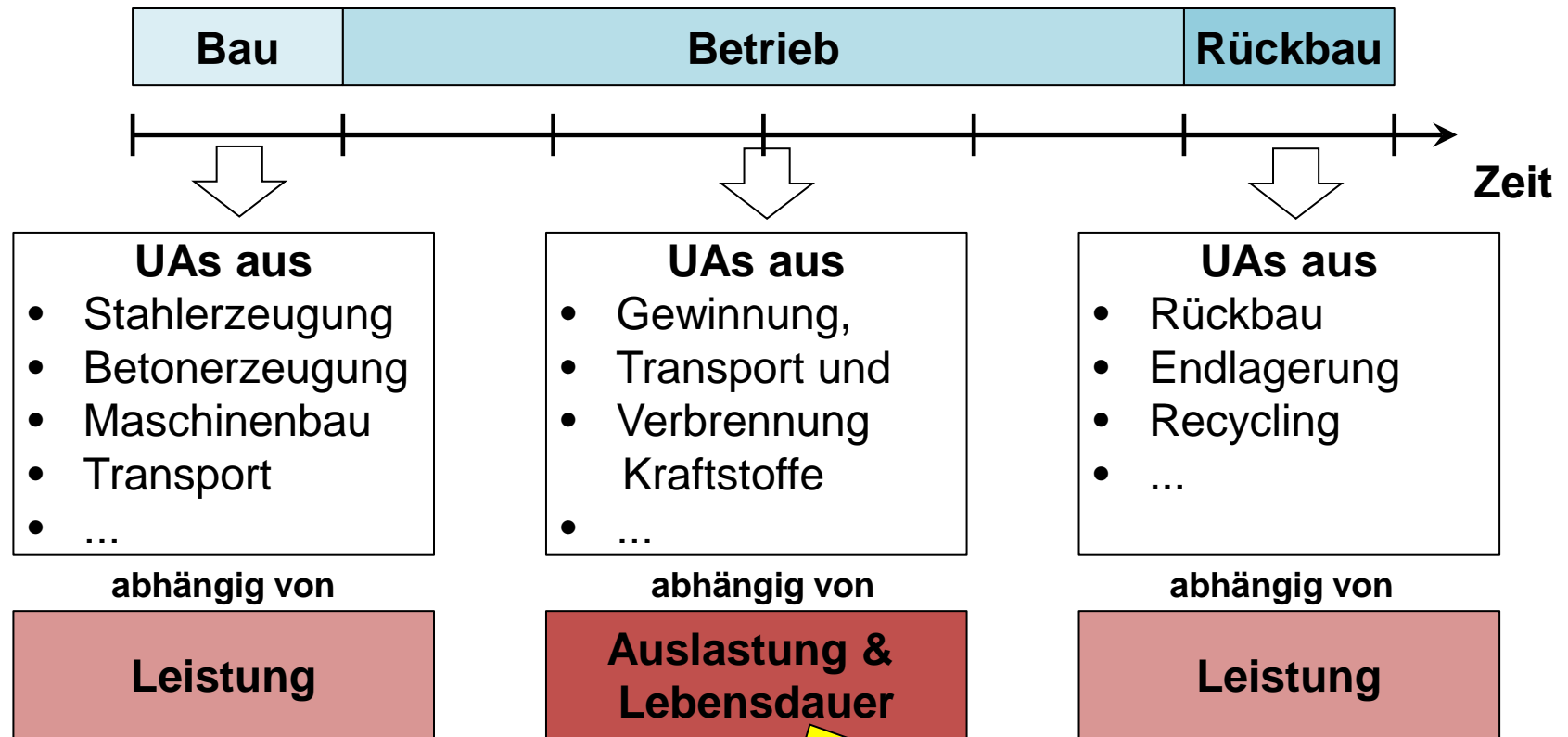
- Analyse erwünschter und unerwünschter Umweltauswirkungen der langfristigen Transformation des Energiesystems
- Vergleich der Umweltauswirkungen verschiedener Transformationspfade
- Identifikation von „Bottlenecks“ bzgl. Ressourcen & Umweltauswirkungen



DLR-Konzept Kopplung Energiesystemmodelle mit LCI-Datenbanken



Zeitliche Zuordnung der Umweltauswirkungen (UA) über Lebenszyklus Kraftwerk

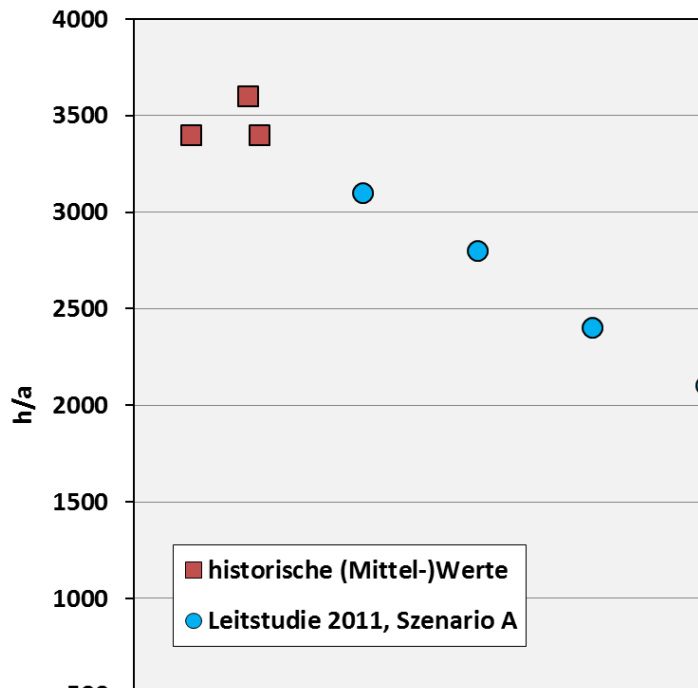


Annahmen LCI-Daten ≠ Annahmen Szenario

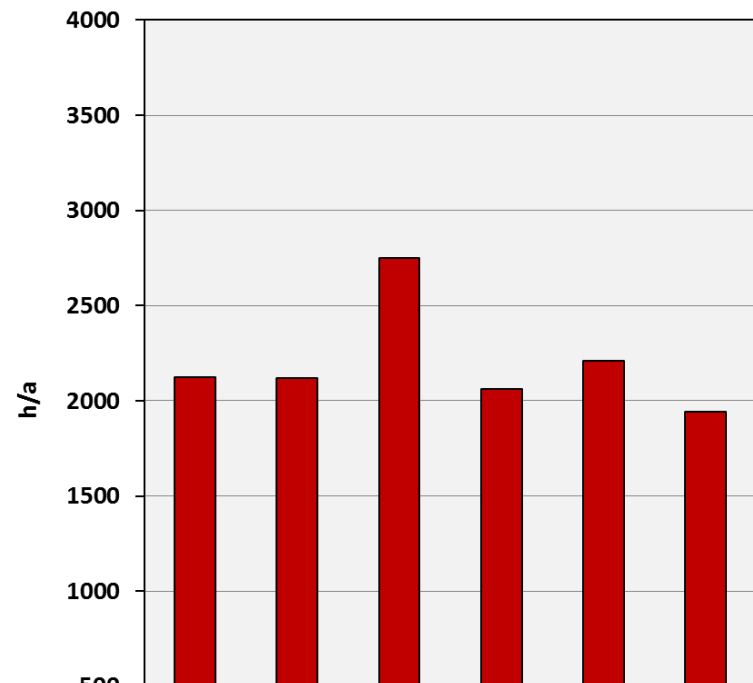


Notwendigkeit der Trennung von Bau, Betrieb und Rückbau bei LCI Daten: Entwicklung Volllaststunden

**FLH Gaskraftwerke:
Entwicklung bis 2050**



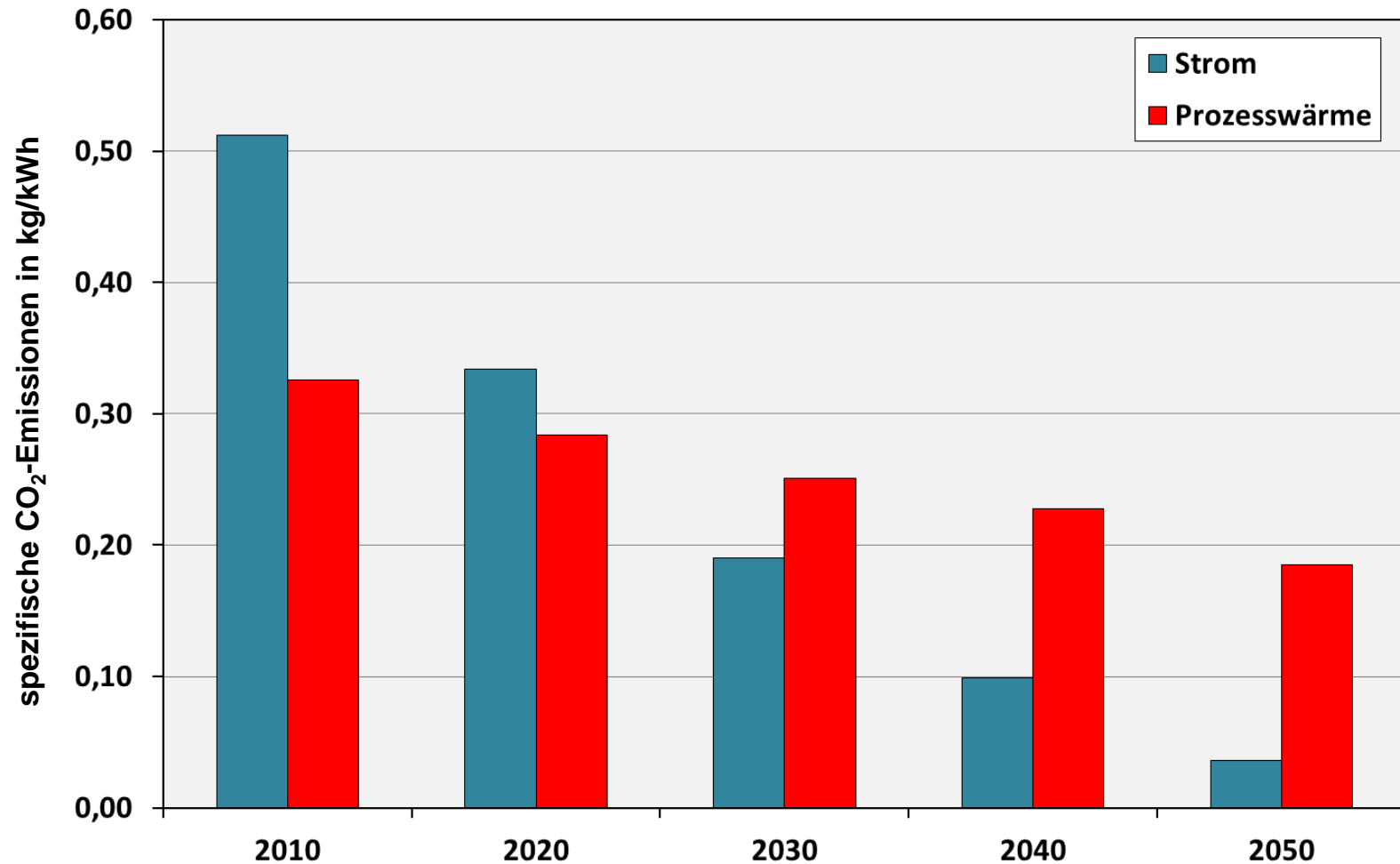
**FLH Gaskraftwerke in 2050:
Einfluss Szenario**



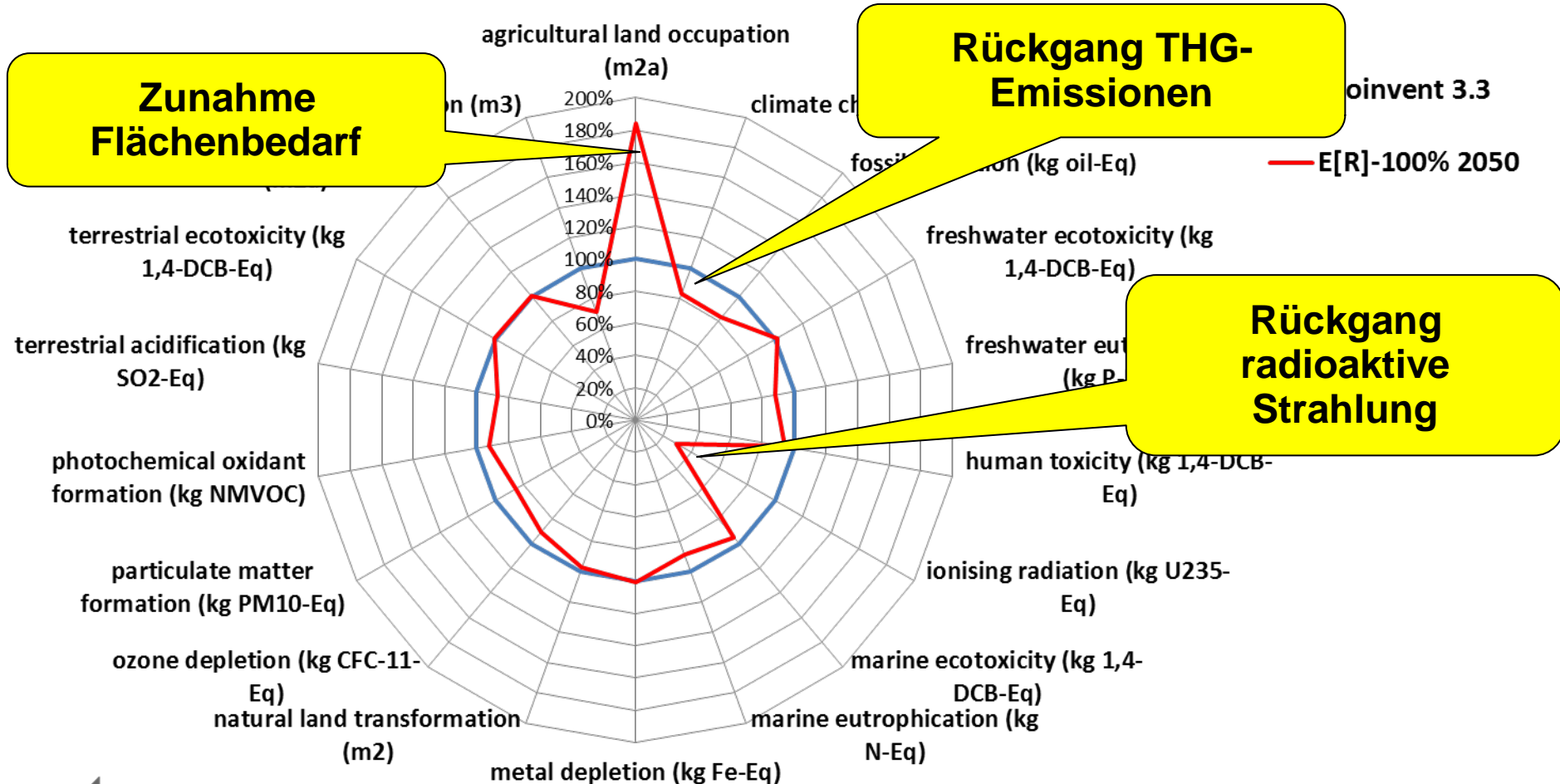
Trennung von Bau, Betrieb und Rückbau nötig zur Anpassung der LCI-Daten an die Betriebsstunden der Anlagen im Szenario



Notwendigkeit der Anpassung Strom- und Wärme-Mix für Hintergrundprozesse an Hintergrundzenario



Beispiel: Umweltauswirkungen Bau Steinkohlekraftwerk unter Anpassung Strommix für Hintergrundprozesse



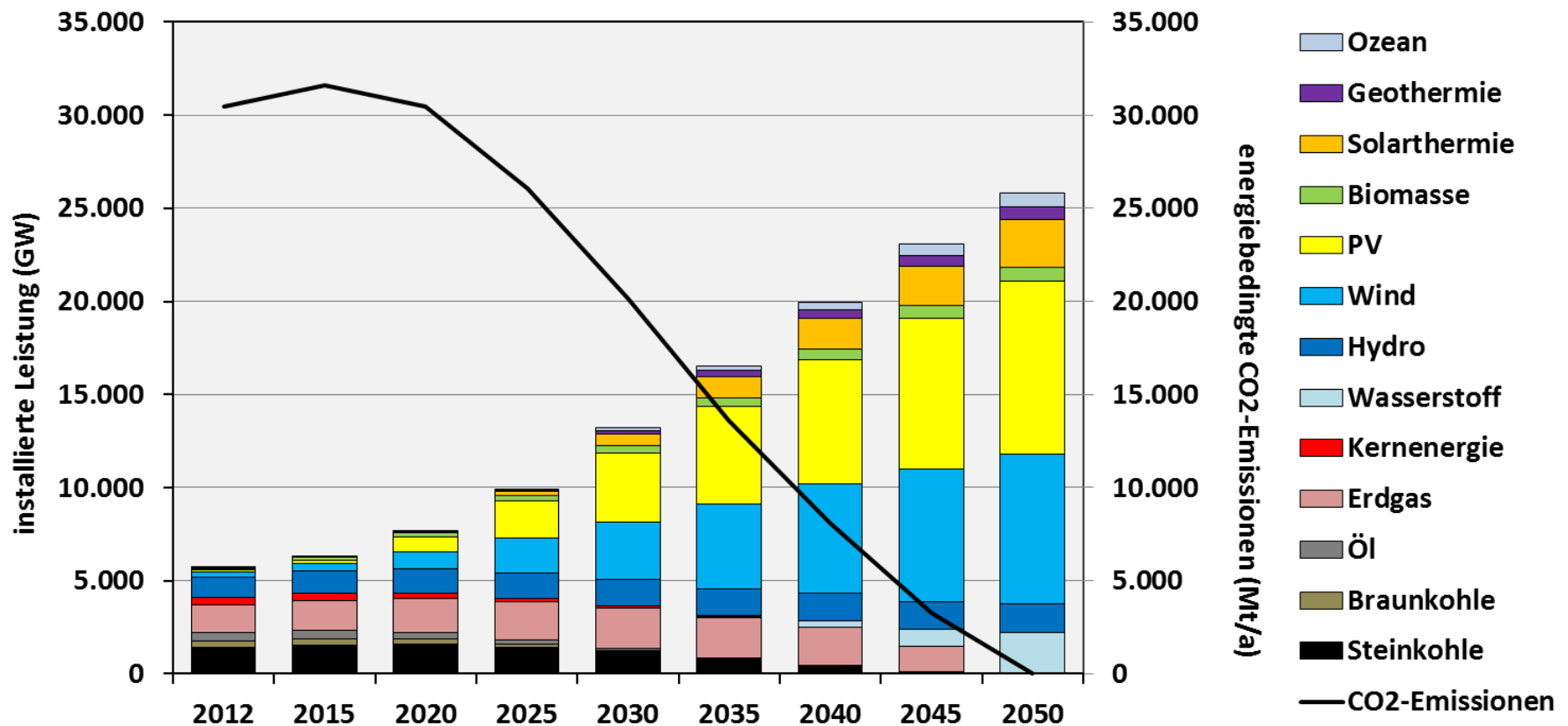
Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in die Energiesystemmodelle des DLR:

- Ziel: Integration von erweiterten Nachhaltigkeitsaspekten in DLR Energiesystemmodelle:
- Accounting Framework **MESAP**:
 - Bewertung und Vergleich existierender Energieszenarien
 - Entwicklung neuer Szenarien unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeits-Aspekten
- Optimierungsmodell **REMix**:
 - nachträgliche Bewertung von mit REMix erstellten Energieszenarien
 - Berücksichtigung von NH-Indikatoren als Constraints bei Ausbau-Optimierung (Zielfunktion: Systemkosten)
 - multikriterielle Optimierung: aggregiert-gewichtete Zielfunktion berücksichtigt mehrere NH-Kriterien

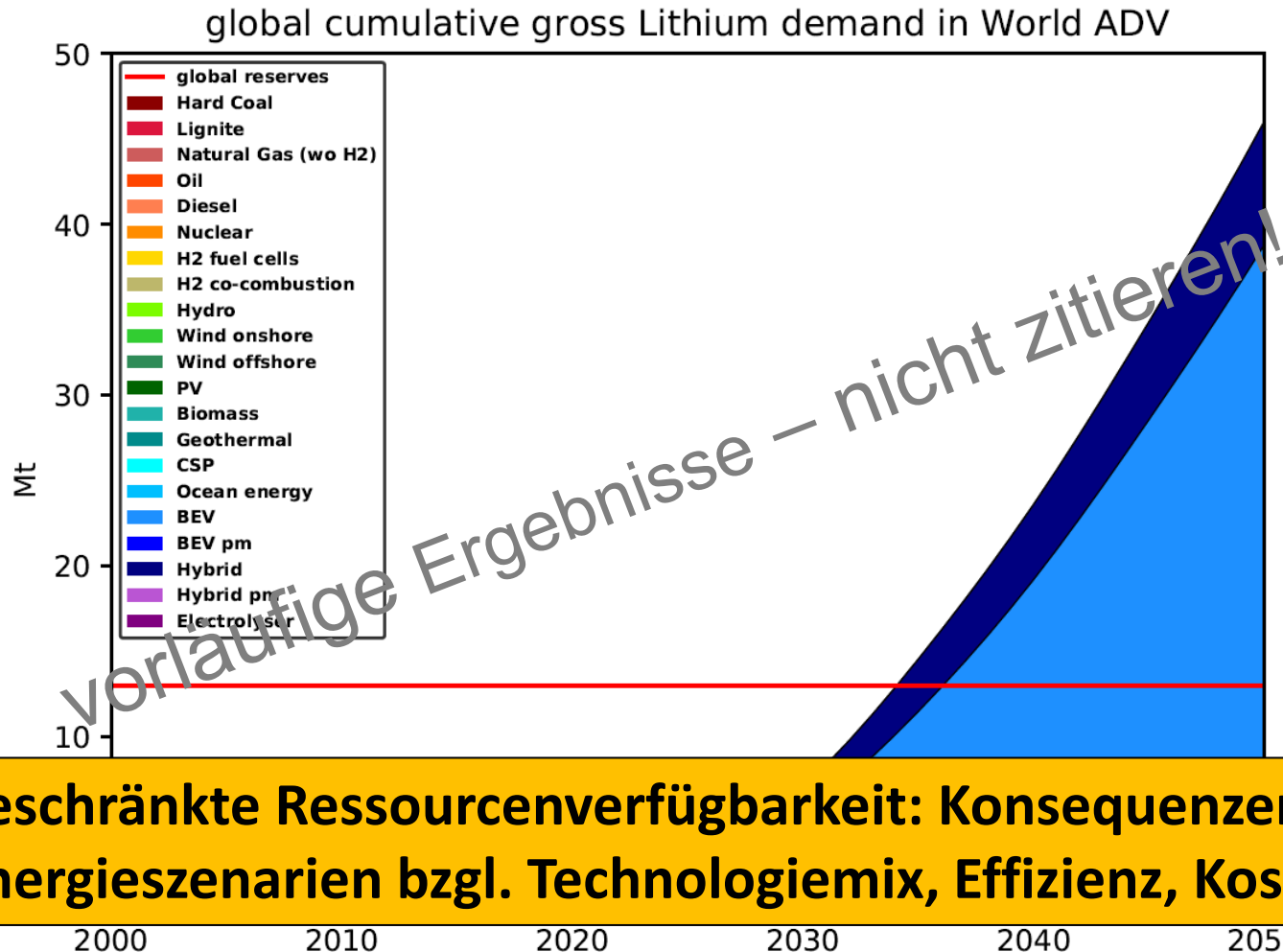


Bedarf kritischer Ressourcen als Constraints für ambitionierte (globale) Transformationsszenarien

Beispiel: Szenario ADV aus Energy [R]Evolution 2015



Bedarf kritischer Ressourcen als Constraints für ambitionierte (globale) Transformationsszenarien



beschränkte Ressourcenverfügbarkeit: Konsequenzen für Energieszenarien bzgl. Technologiemitx, Effizienz, Kosten?

Fazit

- Kombination von **Energiesystemmodellierung** und **Life Cycle Assessment** ermöglicht
 - Identifikation von **erwünschten und unerwünschten Umweltauswirkungen** der Energiewende jenseits des Klimaschutzes
 - **Vergleich verschiedener Transformationspfade** mit unterschiedlichen Transformationsstrategien
 - Analyse **ökologischer** oder **ressourcenbedingter Bottlenecks** zur Identifikation alternativer Lösungen
- derzeit noch große **methodische Herausforderungen**:
 - dynamische Anpassung LCA-Hintergrundprozesse an die Szenarien
 - beschränkte Verfügbarkeit LCA für zukünftige Technologien
 - Umgang mit Vielfalt Technologien & Unsicherheiten, etc.
- Aufgabe der **Wissenschaft: fundierte Bestimmung Indikatoren**, aber **multikriterielle Bewertung** muss in **gesellschaftlichem Prozess** erfolgen

